Bosque Nacional El Yunque

El Bosque Nacional El Yunque es el único Ecosistema de Bosque Tropical Lluvioso del Sistema Forestal Nacional de los Estados Unidos (NFS, por sus siglas en inglés) [1] (Figura 1). Un ecosistema se refiere a la comunidad de organismos y el ambiente físico con el que interactúan. Los bosques tropicales son ecosistemas con temperaturas, humedad y lluvias altas todo el año [2, 3] (Figura 2). Los ecosistemas tropicales se encuentran en regiones cercanas al Ecuador, donde la cantidad de luz solar directa es mayor durante el año [4] (Figura 3).

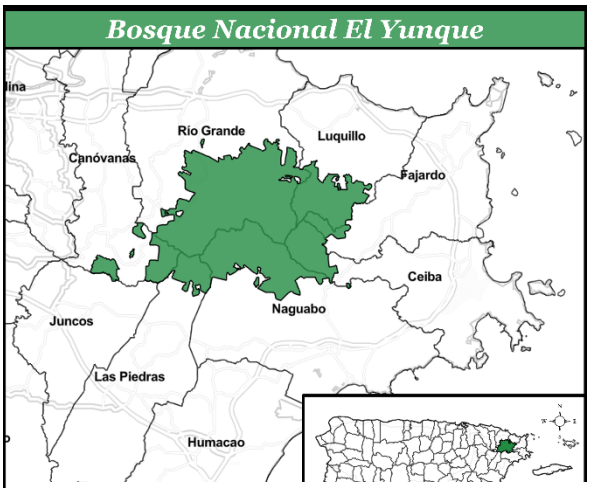


Figura 1. Ubicación del Bosque Nacional El Yunque en Puerto Rico.

Puerto Rico se encuentra en la región del Caribe, cerca del Ecuador. Esto convierte a Puerto Rico en un archipiélago tropical. Caracterizado por sus altas temperaturas durante todo el año, Puerto Rico está formado en su mayoría por bosques lluviosos (Figura 4). Los bosques lluviosos son una subdivisión de los bosques tropicales que se encuentran en regiones donde todos los meses llueve al menos 100 mm. El Bosque Nacional de El Yunque es el bosque con la mayor cantidad de lluvia del NFS (lluvia anual promedio: 3860 mm) [1].

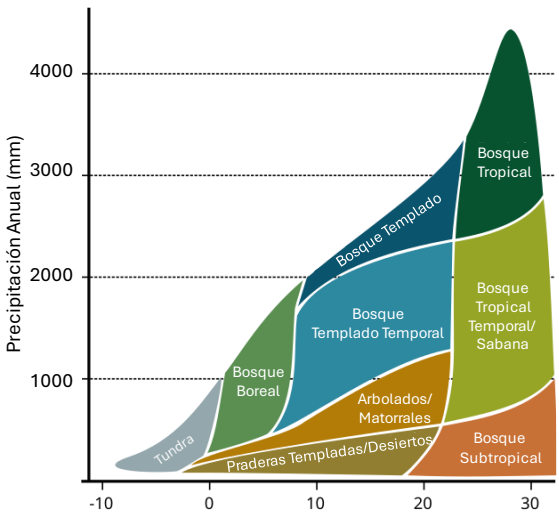


Figura 2. Temperatura y precipitación anual necesarias para las diferentes categorías de biomas terrestres comunes (Figura adaptada de Navarras (2020) [CC0 1.0]).

En Ecología, una comunidad se refiera a todas las especies de organismos que interactuan en un ecosistema. Los bosques lluviosos tropicales son uno de los ecosistemas más diversos del mundo, superados solo por los arrecifes de coral [5]. El Bosque Nacional El Yunque es el hogar de más de 1000 especes de plantas y 164 especies de vertebrados. Esto convierte a El Yunque en el

bosque más diverso de la NFS. Además, es el bosque mejor conservado de Puerto Rico [6]. Aparte de proveer comida, el bosque tambien provee agua a aproximadamente 20% de la población [1]. Como la reserva más diversa, El Yunque también ayuda a mejorar la calidad del aire y el agua, y provee un espacio para que los cientificos e investigadores estudien los procesos y funciones del ecosistema. Para la gente de Puerto Rico, El Yunque tiene un gran significado cultural, espiritual, histórico y de recreación [1]. Para proteger El Yunque y todos los ecosistemas de Puerto Rico, uno debe entender las dinámicas de cada ecosistema. Eso significa que se debe entender como los procesos y funcionamiento del ecosistema cambian con el tiempo. Entender las dinámicas de un ecosistema nos informa para poder desarrollar estrategias de manejo y conservacion para promover la salud y crecimiento del ecosistema. Para entender las dinamicas de un ecosistema, uno debe aprender acerca de las especies dentro del mismo, y como interactuan entre ellas. Una forma de estudiar las interacciones entre especies es a través de las Redes Alimentarias.

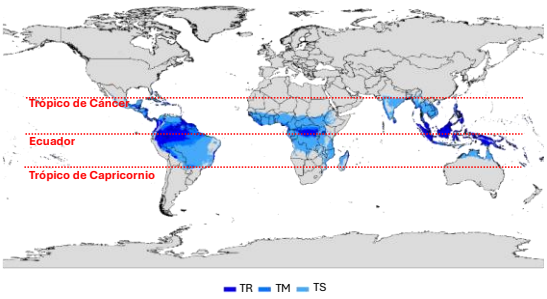


Figura 3. Regiones del mundo con un clima tropical (TR = Bosque Lluvioso Tropical, TM = Monzón Tropical, TS = Sabana Tropical). Adaptado de Beck et al. (2023) [CC BY 4.0].

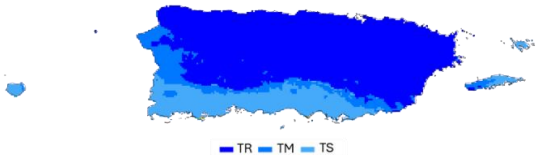
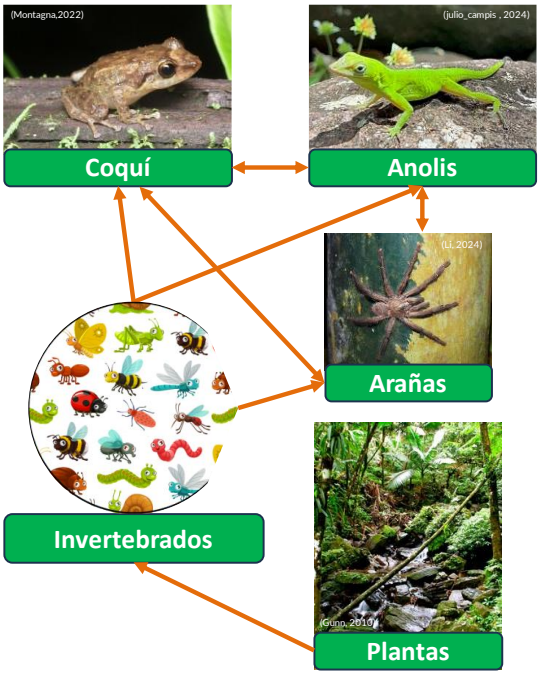


Figura 4. Clasificación del clima del archipiélago puertorriqueño (TR = Bosque Lluvioso Tropical, TM = Monzón Tropical, TS = Sabana Tropical). Adaptado de Beck *et al.* (2018) [CC BY 4.0].

Redes Alimentarias – Interacciones Entre Especies

Una red alimentaria es una representación visual de las interacciones alimentarias de una comunidad [7, 8, 9]. La estructura de una red alimentaria se divide en niveles tróficos[1]:

1. Productores – Estos son la base de la red alimentaria del ecosistema porque son quienes producen energía. Los productores son organismos que crean energía a partir de fuentes no-vivas como el sol (*e.g.*, plantas y algas). La energía creada por los productores viaja a través del ecosistema. Por lo tanto, todos los organismos en un ecosistema dependen, directa o indirectamente, de los productores para su energía.



[1] Un nivel trófico se refiere a la posición de una especie en la red alimentaria de una comunidad. Esta posición es determinada de acuerdo a cuantas veces la energía debe ser transferida en forma de comida desde los productores para llegar a la especie.

2. Especies Intermedias – Estas especies son consumidores, o especies que comen otros organismos para obtener energía. Esto incluye herbívoros (organismos que comen plantas), omnívoros (organismos que comen ambos plantas y animales), y carnívoros (organismos que comen animales).
3. Especies Tope – Estas especies son depredadores que cazan o matan otros animales para comer, y por lo general no tienen depredadores que se los coman a ellos. [9]

Figura 5. Muestra un ejemplo de una red alimentaria en El Yunque. A través de esta red alimentaria uno puede entender como las diferentes especies presentes en el sotobosque interactúan entre sí. Recuerda que la dirección de las flechas informa sobre la dirección en la que viaja la energía (como comida) a través de la red.

La energía viaja a través de un ecosistema como comida. En una red alimentaria, la energía es representada por flechas que muestran la interacción entre las especies [9]. Las redes alimentarias ayudan a entender como la energía viaja a través de un ecosistema. La estructura de las redes alimentarias afecta las funciones del ecosistema[2]. Cómo un ecosistema reacciona a disturbios dependen de la estructura de las redes alimentarias [7].

Las actividades alimentarias de una especie podrían tener efectos fuertes en la estructura de la comunidad. Hay ciertas especies que tienen efectos más fuertes en la estructura de la comunidad, estas son llamadas *especies clave*. Cambios en la población de una especie clave podría afectar la población de otras especies y alterar la estructura de la comunidad. Por ejemplo, investigaciones sugieren que los depredadores pueden influenciar la diversidad de especies en una comunidad al reducir la competencia entre especies. Mientras menor sea la competencia por recursos (como comida, lugares para esconderse, o espacio) en un ecosistema, mayor la cantidad de especies que pueden coexistir [8]. Entender la estructura de la red alimentaria de un ecosistema es de mucha importancia cuando se toman decisiones sobre manejo y conservación. Debido a que todas las especies en una red alimentaria se relacionan entre sí, ya sea directa o indirectamente, cambios en la población de una especia puede resultar en eventos en cascada que afectan a otras especies en la red alimentaria. Por ejemplo, la desaparición de una especie presa puede llevar a la desaparición de su depredador, pues podría quedarse sin comida. Otra cosa que puede pasar es que una nueva especie entre al ecosistema y comience a dominar los recursos de una especie nativa. Al no poder competir por recursos, la especie nativa podría desaparecer.

El Misterioso Caso del Erizo de Mar Negro: Un ejemplo de una Cascada Trófica

Los arrecifes de coral cubren alrededor de 1% del océano, pero son el hogar de más de 4,000 especies marinas (¡25% de la vida marina!) [10]. Esta gran diversidad ha resultado en que los llamen los “bosques lluviosos del océano” [11]. Los servicios ecosistémicos[3] de los arrecifes de coral incluyen protección de las costas contra la erosión y tormentas, recreación, comida, y medicinas. Aunque son reconocidos como ecosistemas de importancia mayor, los arrecifes de coral se encuentran severamente amenazados. Existen amenazas naturales, como huracanes y enfermedades,

Figura 6. *Diadema antillarum* fotografiado por Merchán Mayorga (2024).

[2] Actividades que los organismos llevan a cabo para sobrevivir, y sus efectos en las propiedades físicas y químicas del ecosistema.

[3] Los servicios ecosistémicos son beneficios proveídos por un ecosistema a los humanos.

pero la mayoría de las amenazas son causadas por los humanos. La sobrepesca, sedimentación, y el calentamiento global son las causas más importantes del deterioro de los arrecifes de coral [10, 11].

La sobrepesca removió muchos de los competidores y depredadores de *Diadema antillarum*, el erizo de mar negro de espinas largas [12]. Con más recursos (menos competidores), y menos peligro (menos depredadores), las poblaciones del erizo de mar crecieron hasta convertirse en importantes herbívoros de los arrecifes de coral del Caribe. Los erizos de espinas largas se alimentan mayormente de algas y pastos marinos. Ya que las poblaciones de otros herbívoros han desaparecido o disminuido, *D.* antillarum se convirtió en una especie clave. Como el herbívoro principal del Caribe, el erizo negro de espinas largas es quien controla el crecimiento desmesurado de las poblaciones de algas y pastos marinos, previniendo que superpueblen los arrecifes de coral.

Entre el 1983 y el 1984 hubo una mortalidad en masa de *Diadema antillarum* [13]. Los erizos de mar comenzaron a perder sus espinas, y luego de dos semanas de la aparición de este síntoma, entre el 93-100% de los erizos de las poblaciones afectadas habían muerto. Los eventos de mortalidad comenzaron en Panamá, y 13 meses luego, el 98% de los erizos negros de espinas largas del Caribe había muerto [13, 14]. Los efectos fueron tan devastadores y rápidos, que cuando los investigadores comenzaron su trabajo, ya no había suficiente material para poder determinar la causa de la alta mortalidad [13, 14]. Debido a como se extendieron los eventos de mortalidad en el Caribe, en dirección de las corrientes de agua, los científicos hipotetizaron que la causa era un germen que se transmitía por el agua [13]. Un germen podría verse como una especie nueva introducida al ecosistema. Esta nueva especie afectó negativamente una especie nativa, causando una cascada trófica a través del ecosistema. Con la reducción radical de los herbívoros principales, las poblaciones de algas y pastos marinos comenzaron a crecer hasta cubrir, y en ocasiones matar, las colonias de corales [13]. Cuando los corales mueren, la biodiversidad del ecosistema se ve afectada negativamente. Los corales son hábitats y fuentes de comida importantes para otras especies en el ecosistema. Cuando los corales mueren, peces, camarones, caracoles, y otras especies marinas pierden sus hogares y/o fuentes de comida. Si estas especies no logran moverse a otra colonia de coral, podrían morir. A partir de una nueva especie que entró al ecosistema de los arrecifes de coral en el Caribe, que afectaba directamente una especie de erizos, los efectos indirectos en cascada recorrieron toda la red alimentaria hasta resultar en una reducción significativa de la cobertura de corales [13]. La biodiversidad de los arrecifes de coral se está perdiendo [14].

Figura 7. Como los cambios en la población de una especie en la red alimentaria de los arrecifes de coral resulto en un efecto en cascada que afectó todo el ecosistema.

A comienzos del 2022, más de 35 años luego del evento de mortalidad en masa, otro evento de mortalidad se detectó en el Caribe, justo como el que ocurrió en los 80s. Esta vez, los investigadores estaban preparados con las herramientas necesarias para identificar al culpable. Gracias a los avances en la ciencia, particularmente en las tecnologías de secuenciación de ADN, un organismo protista fue identificado como el germen que causó los eventos de mortalidad en el 2022. Aunque no es posible demostrar científicamente que este protista fue el causante de los eventos de mortalidad en los años 80, los síntomas y la progresión de la enfermedad es similar. Los científicos registraron sus hallazgos a través de publicaciones científicas y llamaron a la enfermedad *Diadema antillarum scuticociliate* o DaSc para acortarlo [14, 15, 16].

Biodiversidad: ¿Qué es y por qué debería importarnos?

La biodiversidad se refiere al número de especies y la abundancia de estas especies en un ecosistema. Un ecosistema que tiene alta biodiversidad es un ecosistema que tiene un alto número de especies y estas especies son abundantes. Una alta biodiversidad convierte al ecosistema en uno resiliente porque hay varias especies llevando a cabo una función en el ecosistema. Entonces, si por alguna razón, una de las especies desaparece, la función del ecosistema no se ve comprometida porque hay otras especies que la llevan a cabo. Pero, si hay baja biodiversidad, la función del ecosistema podría estar siendo completada por una o unas pocas especies, convirtiéndolas en especies clave. Si la especie clave desaparece, la función del ecosistema podría verse comprometida porque podría no haber una especie que la lleve a cabo, o la abundancia de las especies remanentes podría no ser suficiente. Esto, consecuentemente, resulta en un efecto en cascada a través del ecosistema.

Esto es lo que pasó en el ejemplo del erizo negro de espinas largas en los arrecifes de coral del Caribe. La sobrepesca por parte de los humanos resulta en la disminución o desaparición de especies herbívoras, lo que disminuyo la biodiversidad del ecosistema. Cuando las poblaciones de herbívoros disminuyeron, las poblaciones de erizo negro de espinas largas aumentaron y este se convirtió en una especie clave. Ahora son los herbívoros primarios de los arrecifes de coral del Caribe. Cuando los erizos enfermaron y comenzaron a morir, no había suficientes herbívoros de otras especies para detener el crecimiento desmesurado de las algas y pastos marinos. Inevitablemente, la disminución drástica de las poblaciones de erizo, resultaron en efectos en cascada a través del ecosistema. Si los humanos no hubieran afectado la biodiversidad de los arrecifes de coral, quizá otras especies de herbívoros hubieran podido prevenir el crecimiento desmesurado de algas y pastos marinos ante la baja de la población de las poblaciones de erizos cuando enfermaron. La biodiversidad afecta la estructura de la red alimentaria, lo que a su vez afecta la estructura del ecosistema y como este responde a los disturbios.

Estudio sobre las redes alimentarias en el sotobosque de El Yunque[31]

Ambos, coquíes y lagartos, son insectívoros dominantes en las redes alimentarias de El Yunque [17]. Los depredadores insectívoros, como los coquíes y los lagartos, controlan las poblaciones de otros depredadores menos comunes como las arañas. Por lo tanto, también podrían tener un efecto indirecto sobre la población de insectos y, por lo tanto, sobre la herbívora. Al remover los anolis (lagartijos) [18] o los coquíes [19], los científicos encontraron que las poblaciones de arañas y artrópodos pequeños (en el

Figura 8. Ejemplo de una parcela.

caso de los lagartijos) o de los insectos voladores (en el caso de los coquíes) aumentó. Al aumentar la población de insectos y artrópodos, luego de la remoción de estos depredadores importantes, los científicos observaron un aumento en el daño de las hojas por herbívora [18, 19].

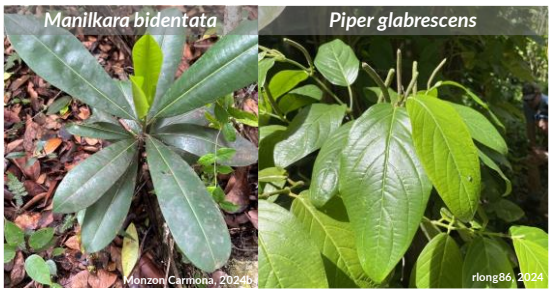


Figura 9. Ejemplos de *M. bidentata* y *P. glabrescens*, las especies plantadas en cada parcela para medir herbivoría.

Los investigadores encontraron que los coquíes y lagartijos son depredadores importantes en El Yunque, y que el bienestar de sus poblaciones era primordial para mantener el balance en el bosque. Sin embargo, ambos estudios fueron llevados a cabo de forma separada. Los datos que encontrarás en CODAP vienen de un estudio que se llevó a cabo en El Yunque donde ambos los coquíes y los lagartijos fueron estudiados al mismo tiempo. El objetivo del estudio era profundizar los estudios sobre el papel de estos dos insectívoros dominantes en la abundancia de arañas y artrópodos (foliares e insectos voladores) en El Yunque [20].

Los experimentos se llevaron a cabo en el Bosque Experimental de Luquillo (LEF, por sus siglas en inglés) en El Yunque. El LEF es un área dentro de El Yunque donde los científicos han estado llevando a cabo proyectos de investigación por más de 60 años. El área ya se encuentra dividida en parcelas (Figure 8), así que, para este proyecto, los investigadores escogieron algunas de estas parcelas. Los datos disponibles en CODAP provienen de 32 parcelas. Los investigadores utilizaron redes de exclusión hechas con mallas de plástico que rodeaban las parcelas y prevenían la salida y entrada de animales [20]. Dentro de cada parcela plantaron plántulas de *Manilkara bidentata* y *Piper glabrescens*, que mantuvieron en observación durante la duración del proyecto para cuantificar herbivoría (Figura 9). También colocaron dos trampas de pega en cada parcela para atrapar los insectos voladores y poder contarlos. Establecieron 4 tipos de parcelas en el BEL (Figure 10) [20]:

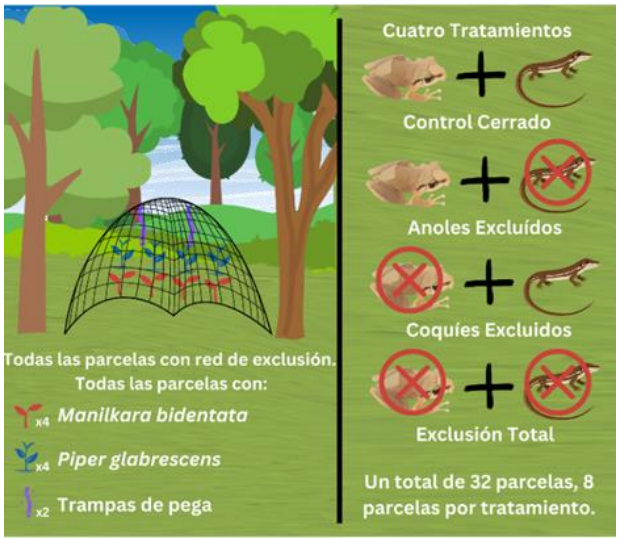


Figura 10. Diseño experimental para estudiar los efectos de los coquíes y lagartijos en las redes alimentarias del sotobosque de El Yunque. [20]

1. Control Cerrado: Parcelas que tenían una red de exclusión, pero de las cuales no se removió ningún animal.
2. Exclusión Total: Parcelas con una red de exclusión de las cuales se removieron ambos los coquíes y los lagartijos.
3. Exclusión Anolis: Parcelas con una red de exclusión de las cuales se removieron solo los lagartijos.
4. Exclusión Coquíes: Parcelas con una red de exclusión de las cuales se removieron solo los coquíes [20].

Las observaciones se hicieron dentro de estas parcelas por un periodo de 10 meses, desde octubre 1999 hasta julio 2000 [20].

Grupos Importantes a Considerar

Coquíes- Los coquíes son depredadores nocturnos. Comen una gran variedad de presas, desde insectos hasta lagartos y anfibios pequeños. En un estudio sobre la dieta de *E. coqui* en El Yunque se encontró que estos comen al menos 101 especies diferentes de al menos 60 familias [17]. Los coquíes tienen un papel importante en Puerto Rico, pues representan el 67% de las especies de anfibio presentes en el archipiélago [12]. Si los perdiéramos, estaríamos en grandes problemas, pues son importantes para controlar las poblaciones de insectos en Puerto Rico [18, 19]. Puedes encontrar más información sobre los coquíes en el documento de información de trasfondo de coquíes que se encuentra en el conjunto de datos *Coquíes de Puerto Rico* en el Portal de Datos de Data Jam.

Figura 11. *Eleutherodactylus antillensis*, el Coquí Antillanos, una de las 17 especies de coquí que se encuentran en Puerto Rico. Fotografía por Maxwell (2023).

Figura 12. *Anolis cristatellus*, el Lagartijo Crestado, una de las 13 especies de anolis que se encuentran en Puerto Rico. Fotografía por cgcunnin (2024).

Anolis- Los anolis son pequeños lagartos (en Puerto Rico los conocemos como lagartijos) que están activos durante el día y mayormente se alimentan de insectos [21]. Son los vertebrados más abundantes en las islas del Caribe, y ocurren a diferentes elevaciones. Los lagartijos se encuentran en el mismo nivel trófico que los coquíes, pero no compiten porque suelen cazar a diferentes tiempos del día. Los coquíes son mayormente nocturnos, mientras que los anolis son mayormente diurnos. Los anolis, como los coquíes, son depredadores oportunistas que consumen una gran gama de especies. Como son tan abundantes, los anolis como los coquíes, son componentes dominantes de la comunidad animal de El Yunque. Son depredadores importantes, pero también son presas importantes. Ayudan a transferir la energía a depredadores tope como los pájaros [21].

Figura 13. *Leucauge regnyi*, una de las arañas constructoras de red más comunes en El Yunque. Fotografía por Bertone (2024).

Arácnidos – Los arácnidos en el bosque contribuyen para controlar las poblaciones de insectos, pues ocupan hábitats que son poco comunes para los depredadores dominantes: coquíes y lagartos [22]. La actividad diurna de arácnidos es dominada por arañas que construyen telas de araña, quienes se encuentran comúnmente cerca del suelo del bosque, donde las plantas tienden a ser muy pequeñas para soportar el peso de los lagartos y coquíes. En estos lugares pueden depredar larvas de insectos, las cuales tienden a ser ignoradas por los depredadores dominantes. Los estudios de la dieta del coquí han revelado que las

arañas representan alrededor del 5% de sus presas. De este 5%, solo dos especies eran constructoras de red de araña. Esto puede deberse a que ambos, las constructoras de red y los coquíes, se sientan a esperar por sus presas, lo que hace que un encuentro entre estos dos depredadores en el bosque sea poco común. Por otro lado, estudios sobre la dieta de los lagartijos en el bosque muestran que las arañas representan alrededor del 50% de sus presas. Se entiende que el tamaño poblacional y la diversidad de especies de arañas constructoras de red son controlados por los lagartos, pues compiten por presa y los lagartos se comen los juveniles de las arañas [22].

Literatura Citada:

[1] Quiñones, M., Parés-Ramos, I. K, Gould, W.A., Gonzalez, G., McGinley, K., Ríos, P. (2018). *El Yunque National Forest Atlas*. Gen. Tech. Rep. IITF-GTR-47. San Juan, PR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, International Institute of Tropical Forestry. 63 p.

[2] Lincoln, R.J., Boxshall, G.A. & Clark, P.F. (1982). *A dictionary of ecology, evolution and systematics*. Cambridge University Press. ISBN 0-521-26902-4

[3] Smith, T.M. & Smith, R.L. (2012). Chapter 2: Climate (18-35). In *Elements of Ecology* (8th Ed.). Pearson Education. ISBN 0-321-74286-9

[4] Brown, J.H. & Gibson, A.G. (1983). Chapter 2: Geographic variation in the physical environment (pp. 21-45). In *Biogeography*. The C.V. Mosby Company. ISBN 0-8016-0824-4

[5] Whitmore, T.C. (1990). Chapter 2: What are Tropical Rainforests?. In *An Introduction to Tropical Rainforests* (pp. 9-36). Clarendon Press, Oxford. ISBN 0-19-854276-3.

[6] Zimmerman, J. K., Rojas-Sandoval, J., & Shiels, A. B. (2021). *Invasive species in Puerto Rico: the view from El Yunque*. Frontiers in Ecology and Evolution, 9, 640121.

[7] Pimm, S.L. (1982). Food Webs. Springer.

[8] Molles, M. (2015). Ecology Concepts and Applications. McGraw-Hill Education.

[9] McKenney, E. (2023). Chapter 10: Food Webs. In: McKenney, E. & Rund, E. (Eds.). Applied Ecology. North Carolina State University. Available online: https://ncstate.pressbooks.pub/appliedecology/chapter/chapter-10-content-food-webs/

[10] NOAA. (2024). Why are coral reefs important?. NOAA Education. https://oceanservice.noaa.gov/education/tutorial_corals/coral07_importance.html#:~:text=Coral%20reefs%20are%20some%20of,species%20still%20to%20be%20discovered.

[11] NOAA. (2019). Coral reef ecosystems. NOAA Education. https://www.noaa.gov/education/resource-collections/marine-life/coral-reef-ecosystems

[12] Hay, M. E. (1984). *Patterns of fish and urchin grazing on Caribbean coral reefs: are previous results typical?*. Ecology, *65*(2), 446-454.

[13] Lessios, H. A. (2016). The great Diadema antillarum die-off: 30 years later. *Annual review of marine science*, *8*(1), 267-283.

[14] Vega Thurber, R., & Hay, M. (2023). Mystery solved? Disease detectives identify the cause of a mass die-off in the sea. *Science Advances*, *9*(16), eadh5478.

[15] Hylkema, A., Kitson-Walters, K., Kramer, P. R., Patterson, J. T., Roth, L., Sevier, M. L., ... & Lang, J. C. (2023). The 2022 Diadema antillarum die-off event: Comparisons with the 1983-1984 mass mortality. *Frontiers in Marine Science*, *9*, 1067449.

[16] Hewson, I., Ritchie, I. T., Evans, J. S., Altera, A., Behringer, D., Bowman, E., ... & Breitbart, M. (2023). A scuticociliate causes mass mortality of Diadema antillarum in the Caribbean Sea. *Science Advances*, *9*(16), eadg3200.

[17] Stewart, M.M. & Woolbright, L.L. (1996). Chapter 8: Amphibians. In Reagan, D.P. & Waide R.B. (Eds.), *The Food Web of a Tropical Rain Forest* (pp. 273-320). The University of Chicago Press. ISBN 0-226-70600-1

[18] Dial, R., & Roughgarden, J. (1995). *Experimental removal of insectivores from rain forest canopy: Direct and indirect effects*. Ecology, 76(6),1821–1834. https://doi.org/10.2307/1940714

[19] Beard, K. H., Eschtruth, A. K., Vogt, K. A., Vogt, D. J., & Scatena, F. N. (2003). *The effects of the frog Eleutherodactylus coqui on invertebrates and ecosystem processes at two scales in the Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico*. Journal of Tropical Ecology, 19(3), 607–617. https://doi.org/10.1017/S0266 46740 3006011

[20] Beard, K. H., Durham, S. L., Willig, M. R., & Zimmerman, J. K. (2021). *Lizard and frog removal increases spider abundance but does not cascade to increase herbivory*. *Biotropica*, *53*(2), 681-692.

[21] Reagan, D.P. (1996). Chapter 9: Anoline Lizards. In Reagan, D.P. & Waide R.B. (Eds.), *The Food Web of a Tropical Rain Forest* (pp. 321-345). The University of Chicago Press. ISBN 0-226-70600-1

[22] Pfeiffer, W.J. (1996). Chapter 7: Arboreal Arachnids. In Reagan, D.P. & Waide R.B. (Eds.), *The Food Web of a Tropical Rain Forest* (pp. 247-269). The University of Chicago Press. ISBN 0-226-70600-1

Referencias de Figuras:

Beck, H. E., McVicar, T. R., Vergopolan, N., Berg, A., Lutsko, N. J., Dufour, A., ... & Miralles, D. G. (2023). *High-resolution (1 km) Köppen-Geiger maps for 1901–2099 based on constrained CMIP6 projections*. Scientific data, *10*(1), 724. DOI:10.1038/s41597-023-02549-6.

Beck, H. E., Zimmermann, N. E., McVicar, T. R., Vergopolan, N., Berg, A., & Wood, E. F. (2018). *Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution*. Scientific data, *5*(1), 1-12. DOI:10.1038/sdata.2018.214

Bertone, M. (2024). iNaturalist observation: [https://www.inaturalist.org/observations/197155799]. Accessed on October 2, 2024

cgcunnin. (2023). iNaturalist observation: [https://www.inaturalist.org/observations/198357760]. Accessed on September 30, 2024.

Gunn, J. (2010). El Yunque Rainforest [Picture]. Available online: https://www.flickr.com/photos/25483059@N08/5217019608

julio_campi. (2024). iNaturalist observation: [https://www.inaturalist.org/observations/207166392]. Accessed on October 2, 2024

Li, Y. (2024). iNaturalist observation: [https://inaturalist.ca/observations/196959570]. Accessed on October 2, 2024

Maxwell, E.C. (2023). iNaturalist observation: [https://www.inaturalist.org/observations/167753801]. Accessed on September 30, 2024

Merchán Mayorga, J.I. (2024). iNaturalist observation: [https://www.inaturalist.org/observations/237220883]. Accessed on August 30, 2024.

Montagna, T. (2022). iNaturalist observation: [https://www.inaturalist.org/observations/139871929]. Accessed on July 27, 2024

Monzon Carmona, O. (2024). iNaturalist observation: [https://www.inaturalist.org/observations/207638635]. Accessed on October 2, 2024

Navarras. (2017). Climate influence on terrestrial biome [Figure]. Available online: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Climate_influence_on_terrestrial_biome.svg

rlong86. (2024). iNaturalist observation: [https://www.inaturalist.org/observations/199632086]. Accessed on October 2, 2024